63

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LA DIFFÉRENCE ENTRE LES

FOYERS VISUELS ET PHOTOGÉNIQUES

ET SUR LEUR CONSTANTE VARIATION;

DESCRIPTION

DU DYNACTINOMÈTRE, DU FOCIMÈTRE, ETC.,

PAR A. CLAUDET.

Août 1851.

DEUXIÈME MÉMOIRE,

Lu par l'auteur, le 7 août 1850, à l'Association britannique, réunie à Édimbourg.

PARIS,

LEREBOURS ET SECRETAN, 13, PONT-NEUF.

GERMER BAILLIÈRE,
17, rue de l'Ecole de Médecine.
A Londres,
CLAUDET, photographic gallery,
107, Regent-Street.
H. BAILLIÈRE, 219, Regent-Street.

H. BOSSANGE, 21, quai Voltaire,
A Lyon,
RICHARD, quai Saint-Antoine.
SAVY, libraire, 14, place Louis-Le-Grand.
A Madrid,
BAILLY-BAILLIÈRE.

New-York, H. BAILLIÈRE.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LA DIFFÉRENCE

ENTRE LES FOYERS VISUELS ET PHOTOGÉNIQUES

ET SUR LEUR CONSTANTE VARIATION (1).

La photographie continue à fixer l'intérêt du monde scientifique et artistique par les progrès immenses qu'elle a faits dans ces derniers temps. De précieux perfectionnements sont introduits chaque jour dans les procédés de manipulation. L'usage du verre ou d'autres milieux par lesquels on évite les imperfections des négatifs sur papier (lequel du reste s'est considérablement amélioré en France depuis peu), est un progrès qui promet des résultats jusqu'à présent inespérés. On a beaucoup fait pendant cette dernière année, et il est permis de dire que la photographie est entrée dans une nouvelle ère qui sera marquée par des résultats extraordinaires.

Pendant que tant d'esprits ingénieux sont en travail, faisant des expériences et des découvertes, ajoutant de nouveaux faits dans cette science, il ne

(1) Quoique nous soyons en désaccord complet avec l'auteur, relativement à la plus grande rapidité des objectifs à deux foyers, et aussi sur la question de l'influence de la polarisation sur la variation des foyers et sur la rapidité, nous n'en avons pas moins saisi avec empressement l'occasion de publier ses expériences intéressantes et ses ingénieux appareils. (*Note des éditeurs.*)

faut pas oublier que tous les divers procédés de photographie dépendent du même principe agissant ; que ce principe, qui est une des émanations de tous les corps lumineux, ne peut, lorsqu'il est réfléchi par les objets qu'il frappe, produire leur image par d'autres moyens que par la réfraction à travers un appareil d'optique.

L'étude de cet appareil, la base de tous les systèmes de photographie, réclame donc l'attention la plus suivie. Les lois qui régissent l'emploi de cet instrument, ainsi que les circonstances qui modifient son action, sont les connaissances les plus nécessaires à un photographe.

Convaincu de la grande importance de cette étude, je m'en suis occupé avec persévérance depuis le moment que j'ai eu à me servir d'une chambre noire.

Mes recherches m'ont conduit à observer, dès 1844 (je communiquai à ce sujet un mémoire à la Société royale de Londres et à l'Académie des sciences), que dans les objectifs achromatiques, le foyer photogénique ne coïncide pas généralement avec le foyer visuel, et dernièrement, ce qui est aussi important et plus extraordinaire, que par des causes qu'on ne peut pas encore expliquer d'une manière tout à fait concluante, il existe une variation constante entre ces deux foyers.

J'ai indiqué les moyens par lesquels on peut s'assurer de l'exacte position de ces deux foyers dans toutes les circonstances, de sorte que le photographe est sûr d'obtenir une image bien définie

avec toute espèce d'objectifs, et avec tous ceux qui auparavant paraissaient imparfaits et étaient inutiles.

Ces travaux et plusieurs autres, dans certaines branches de la science, ont formé les matériaux de plusieurs mémoires que j'ai eu l'honneur de lire aux trois dernières réunions de l'Association britannique. Aujourd'hui je viens soumettre le résultat de mes nouvelles recherches sur les mêmes sujets.

La question de la variation de la distance entre les deux foyers a donné lieu à une espèce de controverse. Parce que les opticiens et les photographes n'ont pas pu trouver une raison pour cette variation, plusieurs refusent de reconnaître qu'elle existe.

J'avais eu d'abord beaucoup de peine à prouver qu'il existait une différence entre les deux foyers. Cependant M. Lerebours, de Paris, se rendit à mes suggestions; il examina la question, expliqua la cause de cette différence, indiqua les moyens de l'éviter et même de corriger les objectifs sujets à cette erreur. Aujourd'hui ce fait est tellement admis que la plupart des opticiens s'efforcent d'obtenir des objectifs ayant leurs foyers coïncidents, et ils annoncent qu'ils peuvent en fournir exempts de toute différence. Quelques uns, considérant avec raison, selon moi, que la séparation des deux foyers est loin de présenter des inconvénients, se contentent d'établir, sur le corps mobile de leurs objectifs, des divisions sur lesquelles, après qu'on a mis au foyer avec le verre dépoli, il faut, pour corriger la différence, amener le bord de l'autre tube, suivant chaque distance de la chambre noire à l'objet. Ainsi donc, tous recon-

naissent le fait qui leur avait échappé jusqu'au moment de ma découverte.

Mais on nie encore le phénomène nouveau et inattendu d'une variation dans la distance entre ses deux foyers, parce qu'on ne peut l'expliquer par aucune des propriétés qui, dans l'état de nos connaissances, sont censées affecter la réfraction et la dispersion de tous les rayons du spectre pendant leur transmission à travers les verres qu'on emploie.

On raisonne trop avec l'idée qu'en photographie il n'existe rien autre que la théorie de la lumière qui affecte notre vision ; théorie dont on s'est servi pour établir les formules employées dans la construction des lunettes et autres instruments destinés à former des images visuelles. Il est temps d'abandonner cette théorie et d'étudier les nouvelles lois de la photographie, qui seules peuvent donner les moyens de produire des instruments photographiques parfaits et d'expliquer des faits purement photogéniques.

J'avais l'espoir que pendant l'année qui s'est écoulée entre les deux sessions de l'Association britannique, cette question aurait été sérieusement examinée et que d'autres expérimentateurs auraient eu l'occasion, soit de confirmer l'exactitude du fait que j'avais annoncé, soit de le contredire ouvertement s'il était erroné. J'aurais désiré qu'il en fût ainsi, car c'est un point qui, dans l'intérêt de la science, ne doit pas rester incertain.

Au moyen du focimètre, instrument que j'ai construit et que d'après la description donnée dans

mon premier mémoire tout photographe peut établir lui-même, et dont voici les figures 1 et 2, il n'est be-

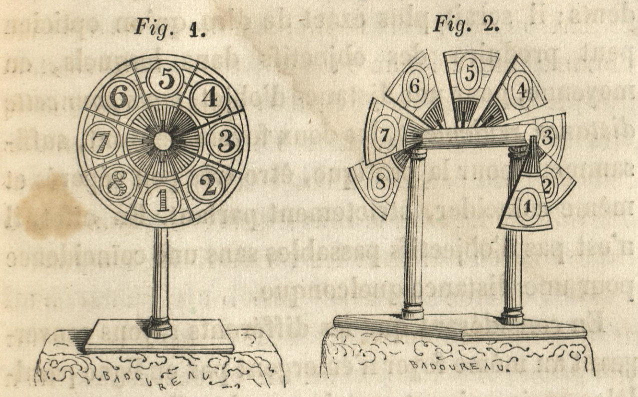


Fig. 1. *Fig.* 2.

soin que de quelques expériences bien faites pour décider la question (1). Il faut espérer qu'un fait aussi important ne restera pas plus longtemps dans cet état d'incertitude fâcheux sous le double point de vue pratique et scientifique.

Examinons premièrement la question de la coïncidence que les opticiens annoncent donner à leurs objectifs, et afin de rendre la discussion plus intelligible, qu'il me soit permis de répéter ici plusieurs arguments dont je me suis servi dans mon dernier mémoire.

D'abord on ne peut pas avancer raisonnablement

(1) Le focimètre est formé de huit segments disposés le long d'un axe (fig. 1 et 2). L'appareil étant placé dans la position représentée fig. 1, on ajuste au foyer, par exemple sur le n° 4 : si sur l'épreuve c'est ce même numéro qui a le maximum de netteté, on en conclut que l'objectif a les deux foyers coïncidants; si c'est le n° 3 ou le n° 2 qui ont la plus grande netteté, il a le foyer photogénique plus court que le foyer visuel, et l'on sait de combien; si le maximum de netteté se trouve sur les n°s 5 ou 6, le foyer photogénique est plus long que celui visuel. (*Note des éditeurs.*)

qu'il est possible, d'une manière *absolue*, de fabriquer des objectifs ayant les deux foyers coïncidents; il serait plus exact de dire qu'un opticien peut produire des objectifs dans lesquels, en moyenne, pour une distance d'objet, *mais pour cette distance seulement*, les deux foyers peuvent, suffisamment pour la pratique, être très peu séparés et même coïncider, strictement parlant. En effet, il n'est pas d'objectifs passables sans une coïncidence pour une distance quelconque.

En considérant que les différents rayons convergeant au même foyer n'émergent pas en ligne parallèle, mais suivent certains angles, il est clair que lorsque le foyer devient plus court ou plus long, suivant le changement de la distance de l'objet, les rayons sont plus ou moins séparés, en raison de l'angle de convergence qui reste à peu près le même pendant le raccourcissement ou l'allongement du foyer.

Mais est-il désirable d'adopter des courbures capables de faire coïncider les deux foyers? En agissant ainsi, n'est-on pas exposé à sacrifier quelquefois d'autres conditions importantes, telles que les courbures qui corrigent le plus complétement l'aberration de sphéricité? Et en outre, pendant que l'on concentre tous les rayons au même foyer, ne rend-on pas souvent les objectifs plus lents pour la production de l'action photogénique?

J'abandonne le premier point aux recherches et à la discussion des mathématiciens, et je me bornerai à examiner la question de l'action des rayons antagonistes, qui dans certaines circonstances,

comme je vais l'expliquer, détruisent l'action des rayons photogéniques, lorsque les uns et les autres sont concentrés sur les mêmes points.

J'avais toujours cru remarquer que les objectifs doués de la plus grande puissance photogénique étaient ceux dans lesquels les deux foyers étaient le plus séparés, et en effet les observations qui suivent tendent à confirmer cette idée.

Dès les premiers temps de la découverte de la photographie, sir John Herschel avait exprimé l'opinion que les objectifs non achromatiques devaient être d'une plus grande puissance photogénique que les objectifs achromatiques, par la raison que dans les premiers les rayons photogéniques étaient séparés des rayons rouge, orangé et jaune doués d'une action antagoniste.

M. Lerebours, de Paris, a prouvé que si l'on fait tomber, soit un rayon rouge, orangé ou jaune, sur la partie photogénique d'un spectre formé sur une plaque de daguerréotype, l'action se trouve annulée sur cette partie par une action particulière de ces rayons.

J'ai moi-même démontré, par une longue série d'expériences publiées dans des mémoires précédents, l'antagonisme des rayons rouge, orangé et jaune, dans l'action photogénique, et je dois ajouter que M. Draper, de New-York, ainsi que MM. Fizeau et Foucault, de Paris, ont prouvé les mêmes faits par des expériences décisives. Tous ces faits m'ont conduit à expliquer la raison pour laquelle j'avais trouvé que les objectifs les plus actifs sont ceux dans lesquels le foyer photogénique est le plus séparé du

foyer visuel formé principalement par les rayons jaunes qui sont doués d'une action photogénique, non seulement très lente, mais d'une nature différente et distinctive de celle qui est si puissamment développée par certains rayons plus réfrangibles, ne contribuant presque pas à la production de la lumière proprement dite.

Jusque-là nous n'avions que des raisonnements, assez bizarres il est vrai, mais il s'agissait de démontrer par des preuves positives que dans l'action de ces objectifs cet effet était la conséquence d'une telle théorie. Dans ce but, j'ai cherché à trouver un moyen par lequel on pourrait comparer la puissance des objectifs ayant leurs foyers plus on moins séparés, avec la puissance de ceux dans lesquels ils coïncident, et j'ai trouvé les principes d'un instrument qui remplit cet objet et plusieurs autres non moins utiles.

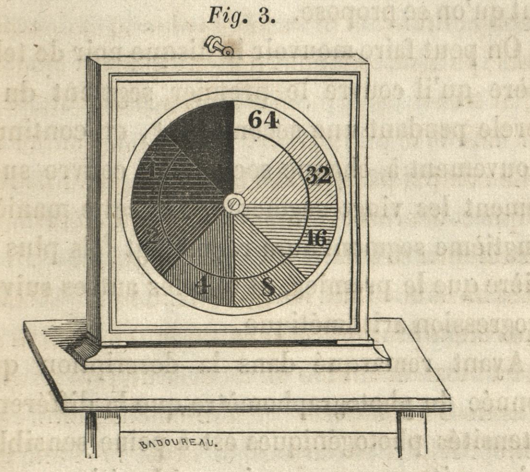
La comparaison de la puissance des objectifs, en ce qui concerne l'influence que la séparation ou la coïncidence des deux foyers peut exercer sur la rapidité de leur action, est une question d'une certaine importance pratique et scientifique; mais il m'a semblé en outre désirable de trouver un moyen qui permettrait de comparer généralement toute espèce d'objectifs. La photographie exige la plus grande rapidité dans l'action des objectifs, et il n'y a rien de si important que de pouvoir s'assurer par une méthode qui ne laisse aucun doute quels sont ceux qui remplissent cette condition de la manière la plus complète. La possibilité de mesurer la puissance de tous les objectifs produira un résultat utile; on

aura à l'avenir un moyen de faire raison de toutes prétentions mal fondées de supériorité, et de prouver le mérite des opticiens habiles et consciencieux qui peuvent fournir aux photographes les objectifs les plus parfaits et les plus puissants.

Mais mon instrument peut servir à une autre fin : c'est un photomètre aussi simple et aussi utile qu'on puisse le désirer, bien supérieur pour l'usage pratique au photographomètre dont j'ai communiqué la description à l'Académie des sciences le 9 octobre 1848. (Voir *Recherches photographiques*, Claudet, 1850.)

Je vais maintenant donner la description du nouvel instrument que j'appelle *dynactinomètre* (fig. 3), son

Fig. 3.



objet étant de mesurer la puissance actinique ou photogénique qui résulte à la fois de l'intensité de la radiation lumineuse et de la puissance des objectifs.

Il consiste dans un disque métallique noir, ayant une fente qui s'étend du centre à la circonférence ; ce disque est fixé sur un axe tournant à travers un autre disque métallique blanc, ce dernier ayant

aussi une fente de la longueur du rayon. Au moyen de ces deux fentes et d'une forme spirale donnée aux deux disques, le disque noir peut opérer son intersection sur le disque blanc, et en tournant couvrir graduellement toute la surface du dernier, qui est une espèce de cadran divisé en un certain nombre de segments égaux portant chacun un numéro. Le cadran a deux cercles; le plus grand est divisé en vingt segments, et le plus petit en huit (1). Les premiers sont numérotés de 1 à 20, et les seconds dans la progression géométrique 1, 2, 4, 8, 16, 32 et 64. Mais, comme je vais l'expliquer, le second mode de division est le mieux approprié au but qu'on se propose.

On peut faire mouvoir le disque noir de telle manière qu'il couvre le premier segment du grand cercle pendant une seconde, et, en continuant le mouvement à chaque seconde, il couvre successivement les vingt segments. De cette manière, le vingtième segment aura reçu vingt fois plus de lumière que le premier, et tous les autres suivront la progression arithmétique.

Ayant remarqué dans la description que j'ai donnée du photographomètre que la différence des intensités photogéniques est à peine sensible lorsqu'on suit une progression arithmétique, pour laquelle raison j'avais construit l'instrument de manière à ne les représenter que dans une progression géométrique, j'ai voulu que le dynactinomètre pût aussi offrir ce mode de comparer les intensités.

(1) La figure représente le cadran pour la progression géométrique, la seule utile.

C'est dans ce but que j'ai ajouté le second cercle divisé en huit segments, qui sont successivement couverts par le disque noir pendant une durée qui double à chaque segment.

Le premier segment de ce second cercle intérieur reste toujours couvert par le disque noir : il marque le zéro d'intensité. Le second indique l'intensité pendant une seconde, le troisième pendant deux secondes, le quatrième pendant quatre secondes, le cinquième pendant huit secondes, le sixième pendant seize secondes, le septième pendant trente-deux secondes et le huitième pendant soixante-quatre secondes. Cette série, qu'on pourrait étendre en divisant le cercle en un plus grand nombre de segments, est plus que suffisante pour toutes les observations usuelles qui ont pour but de mesurer l'intensité de la lumière photogénique, ou de comparer la puissance des objectifs.

On fait mouvoir l'instrument avec la main au moyen d'une poignée adaptée à l'axe sur lequel le disque tourne. Cette poignée est placée derrière l'instrument. Un opérateur habitué à compter les secondes de mémoire ou en suivant un compteur peut faire les expériences avec une régularité suffisante.

Mais pour rendre l'instrument plus précis et plus complet, on peut le faire marcher par un mouvement d'horlogerie, qui lui donne à volonté la progression arithmétique ou la progression géométrique. Ce dernier mouvement offrait quelques difficultés ; mais j'ai pu l'obtenir sans une grande complication de rouages, et l'appareil est à la portée

du plus grand nombre de ceux qui ont des établissements de photographie bien montés.

Lorsqu'on emploie l'instrument qui se meut par la main, il est nécessaire qu'une seconde personne ouvre et ferme l'objectif de la chambre noire à un signal donné, ou bien on adapte devant l'objectif un volet que l'opérateur peut soulever et faire retomber au moyen d'une corde qu'il tient de la main gauche, et qui passe par une poulie fixée au-dessus du volet. D'une main il peut ouvrir et fermer l'objectif, et de l'autre faire mouvoir le dynactinomètre.

Mais lorsque l'instrument marche par un mouvement d'horlogerie, une seule personne peut opérer au moyen d'un double système de poulies pour la corde qui fait partir la détente au moment que l'objectif s'ouvre, et l'arrête au moment que l'objectif se ferme.

Si une plaque de daguerréotype reçoit l'impression du dynactinomètre pendant qu'il marche, on conçoit que chaque segment indiquera un effet en raison de l'intensité de lumière et du temps qu'il sera resté découvert, et que le nombre de secondes marqué sur le premier segment apparent sera la mesure de l'intensité de la lumière au moment de l'expérience. Du reste, l'effet de chaque segment indiquera le degré d'effet qu'on peut obtenir pendant l'espace de temps correspondant.

Quand on veut comparer deux objectifs, on dispose devant le dynactinomètre deux chambres noires, chacune munie d'un des deux objectifs. Après les avoir mises au foyer, on place dans chacune une

plaque de daguerréotype ou un papier photogénique. Quand tout est prêt, on ouvre à la fois les deux objectifs au moment que le dynactinomètre commence son mouvement, et on le ferme aussitôt que la révolution est achevée. Le son d'un timbre indique le commencement et la fin du mouvement. Après cela, on enlève les plaques et on les passe au mercure; et, si l'on a opéré sur du papier, on le traite par le procédé qui lui est propre.

Aussitôt que les deux images sont développées, il est facile, en comparant le résultat sur chacune, de voir d'une manière exacte quel est celui des deux objectifs qui est le plus rapide, et dans quelle proportion.

Par exemple : Si l'on a suivi la progression arithmétique, et que sur l'une des plaques ou sur l'un des papiers le n° 4 du grand cercle soit le premier visible, il aura fallu quatre secondes pour que la lumière du momemt de l'expérience ait opéré dans la chambre noire sur l'image du cadran; et si sur l'autre plaque ou sur l'autre papier les sept premiers segments sont restés noirs, et que le huitième soit le premier qui ait paru, il en résultera que l'objectif qui aura produit l'image sur la première plaque a une puissance photogénique double de l'autre.

Si l'on a suivi la progression géométrique, la même expérience fera paraître l'image du segment n° 2 représentée sur une plaque, et l'image du segment n° 4 représentée sur l'autre, comme ayant chacune le premier degré d'intensité, et l'on

en tirera la même conclusion, à l'égard de la puissance de chaque objectif.

Cette conclusion, cependant, ne serait exacte que dans la supposition que les deux plaques étaient douées du même degré de sensibilité; car si elles n'ont pas été préparées identiquement de la même manière, nous ne pouvons pas avoir la mesure positive de la puissance comparative des deux objectifs. La différence pourrait être due non à l'inégalité de puissance dans les objectifs, mais à l'inégale sensibilité des deux plaques. Cependant, en répétant l'expérience plusieurs fois, la moyenne des résultats sera suffisamment décisive.

Néanmoins cette difficulté ne m'a pas échappé, et j'ai cherché à l'éviter. Ayant la possibilité, au moyen de mon photographomètre (voir sa description, *Recherches de Claudet*, 1850), de comparer la sensibilité de deux plaques sous l'action de la même intensité de lumière et pendant le même temps, je me sers de cet instrument pour déterminer préalablement la sensibilité comparative des plaques que je destine à l'expérience du dynactinomètre.

De cette manière je puis préparer à l'avance un certain nombre de paires de plaques, et les garder portant ainsi la marque de leur sensibilité jusqu'au moment où je veux faire la comparaison des deux objectifs. L'impression du photographomètre est faite sur une moitié de chaque plaque, et l'autre moitié reste intacte pour l'image du dynactinomètre.

Après avoir opéré avec les deux objectifs sur une paire de plaques déjà impressionnées au même

moment par le photographomètre, je les soumets à l'action du mercure, qui bientôt développe sur chacune la double impression, et du photographomètre, et du dynactinomètre.

Le nombre de taches blanches circulaires données par le photographomètre indique la sensibilité de chaque plaque, et en comparant les deux images produites par le dynactinomètre, il est évident qu'il faudra tenir compte du degré de sensibilité indiqué sur chaque plaque. Ainsi, si une plaque porte quatre taches blanches et l'autre cinq, la dernière aura une sensibilité double de la première; dans ce cas il faudra, pour qu'un objectif ait une puissance double de l'autre, que la première plaque indique dans la progression géométrique le troisième segment de la même intensité que le cinquième segment de la seconde plaque. Si l'intensité des mêmes segments de chaque plaque est égale, néanmoins, à cause du nombre des taches blanches déjà indiqué, il faudra en conclure que le dernier objectif a une puissance double du premier.

Pendant un grand nombre d'expériences, j'ai observé que la puissance de deux objectifs n'est pas toujours dans le même rapport. Il paraît que certaines lumières affectent plus un objectif qu'un autre, de telle sorte que deux objectifs, comparés dans des temps différents, n'indiquent pas toujours une même proportion dans leur rapport.

Une anomalie semblable, et tout aussi extraordinaire, a lieu quand on compare le pouvoir de différentes parties d'un objectif à travers une ouverture

égale. Souvent une ouverture donnée, lorsqu'elle est appliquée sur un point près de la circonférence, a une action photogénique plus grande que lorsque la même ouverture est appliquée au centre ou à peu près, et l'action de ces deux points n'est pas toujours dans le même rapport, quoique chacun donne une image visuelle de la même intensité.

Avant d'avoir observé cette anomalie, j'avais remarqué que l'emploi des diaphragmes réduisant l'ouverture, soit de moitié, soit des trois quarts ou des sept huitièmes, occasionnait souvent une diminution d'action dans une plus grande proportion que les ouvertures des diaphragmes. Quelquefois, lorsque je pouvais obtenir une image en 10 secondes avec l'ouverture entière de l'objectif, je n'avais avec la même lumière et au même moment aucun effet en 20 secondes, si j'employais un diaphragme réduisant la surface de l'ouverture de moitié.

Ayant mentionné ce fait à plusieurs opérateurs, et particulièrement à M. Malone, photographe sur papier qui apporte un grand soin dans ses observations, ce dernier, et quelques uns des autres, m'ont assuré avoir rencontré quelquefois le même résultat dans les procédés sur argent ou sur papier.

Frappé de l'analogie qui existe entre ces divers faits et entre mes expériences sur la variation de la distance des deux foyers, j'ai été tenté de hasarder une hypothèse pour l'explication de la cause de cette variation.

En comparant la différence entre les deux foyers, donnée par des rayons réfractés par divers points

de tout objectif, j'ai trouvé que cette différence est plus grande pour les parties de l'objectif les plus éloignées du centre. Cet effet, on le conçoit, est le résultat de l'imperfection de la correction chromatique; imperfection plus grande pour les rayons obliques que pour ceux qui deviennent de plus en plus parallèles à mesure qu'ils sont réfractés par des points plus rapprochés du centre.

Il existe une certaine proportion de tous les rayons du spectre prismatique qui, lorsqu'ils sont combinés, a une action photogénique aussi intense que les rayons photogéniques isolés. Cette condition a lieu lorsque l'atmosphère est pure et que la lumière est parfaitement blanche

Dans ces circonstances, la proportion de rayons jaunes est à son minimum en comparaison de l'émission de rayons photogéniques; et la concentration de tous les rayons sur les mêmes points donne une action photogénique aussi grande que les rayons photogéniques purs. Dans ce cas, le centre de l'objectif opérera autant que tout autre point éloigné du centre où les rayons photogéniques sont par la dispersion séparés au plus haut degré des rayons jaunes.

Alors les deux foyers paraîtront le plus séparés, parce que toute l'ouverture contribuera à la formation de l'image photogénique, autant qu'à la formation de l'image visuelle; l'action photogénique étant produite par la plus grande proportion des rayons les plus réfrangibles, qui, par la sur-correction, sont devenus moins réfractés que les rayons visuels.

On comprendra mieux tous ces phénomènes en

considérant que l'espace photogénique du spectre s'étend depuis l'extrémité des rayons verts jusque bien au delà des rayons violets, et que cet espace photogénique est plus ou moins long en raison du plus ou moins de pureté de l'atmosphère. Toutes les causes absorbantes (au moins celles qui obscurcissent l'atmosphère) commencent par neutraliser les rayons les plus réfrangibles, et continuent cette neutralisation en suivant graduellement la diminution de réfrangibilité. Ainsi les rayons violets sont absorbés avant les rayons indigo, et ces derniers avant les rayons bleus. Mais ni les uns ni les autres ne sont absorbés tout à la fois. Ils s'éteignent peu à peu à mesure que le milieu absorbant devient plus épais.

Il en est de même des rayons photogéniques dont la partie la plus réfrangible disparaît la première. Pendant cette absorption, la réfrangibilité moyenne de l'espace photogénique réduit se rapproche de plus en plus de la réfrangibilité moyenne des rayons visuels; ainsi l'achromatisme de tout le spectre est plus ou moins parfait, suivant que sa longueur augmente ou diminue. Cet effet est peu sensible lorsqu'il ne s'agit que des rayons visuels, mais lorsque les trois quarts du long espace photogénique ont été absorbés dans sa partie la plus réfrangible, il est évident que les conditions d'achromatisme ont dû éprouver une modification considérable.

La longueur considérable du spectre photogénique, et par conséquent ses gradations de réfrangibilité qui en rendent l'achromatisme difficile, sont prouvées par ce qui se passe dans la produc-

tion de l'image photogénique. Tous les photographes ont dû remarquer que lorsque l'exposition dans la chambre noire a été trop prolongée, et que l'on opère sans diaphragme, il est rare qu'on obtienne une image bien nette. La raison en est que les rayons photogéniques extrêmes, qui sont les plus faibles, ont fini par opérer, tandis que si l'exposition avait été moins longue ils seraient restés inactifs, et ils n'auraient point empiété au delà des points de concentration d'un achromatisme incomplet. Ainsi, avec une exposition moins longue, le même foyer aurait pu donner une image parfaitement nette.

Lorsque les rayons jaunes prédominent, ce qui arrive dans les circonstances où les rayons photogéniques sont en partie absorbés, alors le centre de l'objectif condensera avec les rayons photogéniques une plus grande proportion de rayons jaunes que celle qui donne la lumière blanche, et l'excès de ces rayons jaunes, en vertu de leur action destructive, neutralisera l'effet des rayons photogéniques. Dans ce cas, le centre opérera moins ou pas du tout, et les deux foyers seront moins séparés, parce que l'image visuelle sera formée comme auparavant par les rayons les moins réfractés donnés par toute l'ouverture, et que l'image photogénique sera elle-même formée par une plus petite proportion des rayons les plus réfrangibles; ceux-ci, par une moins grande sur-correction se seront rapprochés des rayons visuels, de sorte que toutes les espèces de rayons seront plus parallèles, et qu'il y aura une plus grande coïncidence des deux foyers.

Il est évident que dans les objectifs ayant leur foyer photogénique plus long que le foyer visuel, cet effet est le résultat d'une sur-correction des rayons photogéniques. Or le plus ou moins de séparation des deux foyers suit la loi que je viens d'expliquer; mais pour les objectifs dans lesquels la sur-correction n'a pas eu lieu et dont le foyer photogénique est plus court que le foyer visuel, les mêmes circonstances qui les séparent de plus en plus dans le premier cas doivent les rapprocher dans le second.

D'autres circonstances peuvent modifier le phénomène de plusieurs manières.

Dans certains objectifs, en raison de leur degré de correction chromatique différente sur les divers points de leurs courbures, les mêmes conditions de lumière produiront des résultats différents. De cette manière s'explique l'anomalie que j'avais observée dans un précédent mémoire, que la séparation des deux foyers suit des lois différentes et même opposées dans deux objectifs en apparence semblables. La couleur du verre lui-même peut occasionner dans un objectif une plus grande absorption de certains rayons que dans un autre. Si le verre d'un objectif absorbe plus ou moins de rayons photogéniques que le verre d'un autre et par sa couleur produit plus de rayons jaunes, ces derniers neutraliseront dans une proportion différente l'action photogénique dans le centre de ces objectifs.

En conséquence, deux objectifs ayant les mêmes courbures, la même densité et la même dispersion,

pourront ne pas avoir le même degré d'achromatisme, et en outre la correction chromatique pourra se comporter différemment dans chaque objectif, suivant quelques variations dans la couleur de la lumière combinée avec la couleur ou d'autres propriétés du verre lui-même.

Chacun aura pu observer que souvent il est impossible, avec les meilleurs objectifs, de pouvoir mettre au foyer sur le verre dépoli, tandis qu'avec d'autres conditions de lumière on obtient une définition parfaite. Il en est de même de l'image photogénique ; souvent, en se servant du focimètre, aucun des segments n'offre une image distincte, tandis que d'autres fois plusieurs de ces segments, placés sur des plans éloignés les uns des autres, paraissent tous presque également au foyer exact. Ainsi il est des jours où l'on ne peut pas obtenir d'images distinctes, et d'autres où l'on réussit presque à tout coup. Il est donc évident que l'achromatisme des objectifs subit des variations continuelles (1).

Il résulte des observations qui précèdent que la couleur du verre des objectifs et que leur degré d'aberration chromatique sur les divers points de leurs courbures peuvent produire le même effet ; car, suivant l'achromatisme de ces divers points, plus ou moins de rayons jaunes et plus ou moins de rayons photogéniques peuvent être concentrés du centre à la circonférence, et l'action neutralisante des rayons jaunes peut en conséquence être plus grande vers le

(1) Plus à Londres que partout ailleurs, à cause des brouillards et de la fumée.

centre d'un objectif que vers le centre d'un autre. Alors la séparation des deux foyers, dans deux objectifs, peut, sous l'influence de la même lumière, éprouver des changements dans une direction opposée.

La couleur moyenne de la lumière dans différents climats est de même capable de modifier l'achromatisme des rayons photogéniques, et, pour cette raison, les deux foyers peuvent être plus ou moins séparés à Paris qu'à Vienne ou à Londres, et une plus grande différence doit s'observer quand on opère avec les mêmes objectifs en Europe ou en Amérique.

On serait donc exposé à des erreurs continuelles si l'on s'en rapportait au moyen fixe de compensation indiqué à l'avance sur le tube de l'objectif, et l'on ne peut se dispenser de s'assurer fréquemment de la position du foyer photogénique par l'usage du focimètre.

Il est essentiel de considérer que le foyer mathématique n'existe que pour un seul plan. Cependant les objets placés en deçà et au delà de ce plan, dans une limite modérée, peuvent être représentés avec une exactitude suffisante ; on peut donc obtenir une image passable à quelque distance du foyer mathématique, mais il ne faut pas trop s'en éloigner. Quand on fait le portrait, l'objectif doit représenter à la fois des parties situées sur des plans différents dans un intervalle d'au moins deux pieds. Il est impossible que toutes ces parties soient au foyer exact, mais il s'agit qu'aucun ne s'en éloigne trop. Si le foyer mathématique existe pour la bouche et pour les yeux, les autres parties, en avant et en arrière de ce plan, n'auront pas le

même degré de définition, mais l'effet sera passable autant pour les uns que pour les autres. Or si, sans changer le foyer de l'objectif, on avance ou recule la personne de manière que la bouche et les yeux soient sur le plan où étaient d'abord les mains, ou sur le plan où étaient les oreilles et les bras, on aura encore une définition assez exacte pour le visage; mais, dans le premier cas, les mains, et dans le second les oreilles et les bras, n'auront plus de formes parfaitement distinctes. Plus l'appareil est rapproché de l'objet, plus ces erreurs sont grandes. Quand on opère avec des objectifs à très longs foyers, les différences sont moins sensibles, parce que les rayons convergent au foyer dans des angles moins ouverts. Avec ces derniers appareils, on peut s'éloigner jusqu'à un certain point du foyer mathématique, sans que l'erreur soit trop apparente, et pour cette raison ils sont préférables quand l'intensité de la lumière permet de les employer.

De ce qui précède, il résulte évidemment que l'opérateur doit toujours connaître le foyer mathématique des rayons photogéniques, afin de le diriger sur le point le plus essentiel du sujet, sans trop s'éloigner des points extrêmes.

J'ai longtemps hésité d'offrir une hypothèse sur la cause de la variation entre la distance des foyers. J'espérais que quelques opticiens, ou d'autres personnes plus versées que je ne le suis dans la partie mathématique de la science d'optique, s'empareraient de ce sujet et l'examineraient, afin d'expliquer la cause du phénomène; mais ce sujet n'inté-

resse que les photographes, dont l'attention est sans cesse tournée vers des questions dont l'observation difficile se mêle à des faits de la nature la plus mystérieuse, et qui dérangent continuellement le succès de leurs opérations. Il n'y a donc qu'un photographe qui par nécessité puisse, dans le cours de ses occupations journalières, avoir le temps et l'occasion de faire des recherches sur cette question.

Les hommes de science ne forment des théories que lorsqu'ils peuvent s'appuyer sur des faits positifs, et ils sont en général peu disposés à adopter ceux sur lesquels ils n'ont pas expérimenté eux-mêmes. Dans cet état de choses, la science est arrêtée dans ses progrès et les perfectionnements deviennent impossibles. Telle est mon excuse pour hasarder une théorie que j'exprime plus dans le but d'engager une controverse utile et indispensable que pour décider la question d'une manière positive.

Le sujet appartient plus particulièrement aux opticiens qui ont à construire les objectifs pour la photographie, et c'est à eux à étudier les lois du nouveau principe qui régit la matière. Jusqu'à présent, ils ont employé leur habileté et leurs connaissances à construire des instruments parfaits, exempts d'aberration chromatique, comme s'il s'agissait de lunettes; mais ils ont une autre tâche à remplir. Une bonne lunette achromatique peut faire un très mauvais objectif pour la photographie, et un bon objectif une très mauvaise lunette.

A l'égard des lunettes, il s'agit, connaissant la densité et la dispersion de deux verres ayant les

indices de réfraction différents, de combiner ces verres au moyen de courbures capables de faire converger au même foyer tous les rayons lumineux, en négligeant les rayons qui ne contribuent presque pas à la lumière. Mais ces mêmes verres ont une dispersion plus considérable pour les rayons photogéniques que pour les rayons lumineux; leurs indices de réfraction sont plus grands que ceux des rayons produisant la lumière blanche. En conséquence, dans la construction des objectifs, l'opticien doit déterminer les courbures à donner aux deux verres, suivant la réfraction et la dispersion seulement des rayons photogéniques, sans s'inquiéter de la réfraction et de la dispersion des rayons lumineux. Des objectifs faits de cette manière pourront être sujets à une certaine aberration chromatique pour les rayons visuels; ils pourront ne pas donner une image bien définie sur le verre dépoli, mais certainement ils produiront l'image la plus parfaite sur la surface photogénique, et c'est le seul point important.

Avant d'achever, je crois devoir appeler l'attention des physiciens sur l'influence que la polarisation de la lumière est capable d'exercer sur l'achromatisme des objets photographiques.

Quand on considère que la lumière, qui est toujours plus ou moins polarisée, suivant l'état de l'atmosphère, est d'abord réfléchie à des angles variés sur la première surface de l'objectif, et de là doit être réfractée à travers quatre différentes épaisseurs de verres plus ou moins trempés dans toutes leurs parties; que cette réfraction a lieu à

des angles différents pour chaque point des surfaces, il est permis de supposer que, suivant les lois ordinaires de la polarisation, il y aura certains rayons qui seront éteints tantôt pour le centre des objectifs et tantôt pour les points éloignés du centre, ce qui modifiera la couleur de la lumière donnée par ces divers points, et par conséquent exercera une certaine influence sur leur achromatisme. Ainsi les deux foyers pourront se rapprocher et s'éloigner par les mêmes raisons que j'ai indiquées plus haut.

N'ayant point été encore à même de faire des expériences suffisantes sur cette question, je ne fais ici qu'une suggestion qui me semble mériter un examen approfondi, et devoir être continuellement devant l'esprit de l'observateur en même temps que tous les autres phénomènes qui concernent la lumière. Ce qui me porte à penser que la polarisation exerce une certaine influence sur l'achromatisme des objectifs, c'est que lorsque j'emploie une glace parallèle ou un prisme pour redresser l'image, il arrive souvent que les deux foyers sont plus ou moins séparés que lorsque j'opère avec la même lumière et à la même distance sans réflexion de l'objet.

Je n'ai plus qu'une observation à ajouter. Plusieurs amateurs de photographie, qui s'adonnent particulièrement à la représentation de paysages et de bâtiments, prétendent que leurs objectifs ne sont sujets à aucune séparation des foyers, et par conséquent à aucune variation. Cela est vrai lorsqu'ils n'opèrent, comme ils le font, qu'en réduisant considérablement l'ouverture de leurs objectifs par

des diaphragmes très rétrécis, parce que dans ce cas tous les rayons sont presque parallèles, et que la petite différence qui peut exister est imperceptible ; mais qu'ils essaient d'opérer sans diaphragmes sur des objets rapprochés, et ils trouveront que leurs objectifs ne peuvent donner d'images bien distinctes, sans avoir égard à la question du foyer photogénique.

Une expérience facile et bien connue en optique peut démontrer clairement que l'application de diaphragmes devant l'ouverture des objectifs, en interceptant les rayons obliques, tend à faire paraître des objets placés sur des plans différents avec autant de netteté que s'ils étaient tous sur le plan donnant le foyer mathématique.

Si l'on fait sur une carte un trou d'épingle, les myopes et les presbytes peuvent, à travers cette ouverture, lire distinctement un livre placé à une distance égale de leurs yeux, et ils peuvent encore, les uns et les autres, éloigner et rapprocher considérablement le livre du point auquel correspond le foyer de leur vision, sans perdre la netteté des caractères de l'impression. Cette espèce de diaphragme ne change pas le foyer qui leur est donné par la nature, mais il ne fait que l'étendre, en ne laissant arriver sur la rétine que des rayons parallèles.

Il en est de même des objectifs photographiques, dont toute espèce d'aberration est détruite ou plutôt rendue inappréciable par l'emploi de diaphragmes fort rétrécis. C'est pour cette raison qu'une chambre noire peut, avec une netteté uniforme, représenter à la fois des objets placés sur des plans très rap-

prochés et sur des plans très éloignés. On peut observer cet effet dans ces vues admirables sur plaques d'argent et sur papier faites avec des objectifs de toute espèce, par exemple : dans ces vues prises de la maison de M. Lerebours, sur le Pont-Neuf, dans lesquelles la statue de Henri IV, qui ne se trouve qu'à vingt ou trente pas de la maison, est aussi nette que les Tuileries, que tous les ponts qui se succèdent sur la Seine et que tous les bâtiments qui, dans une longueur considérable, couvrent les deux quais opposés.

Si tous les foyers visuels peuvent coïncider pour des distances si grandes, il n'est pas étonnant que les foyers photogéniques eux-mêmes coïncident avec les foyers visuels. Or, si toutes les opérations photographiques pouvaient se faire avec des objectifs d'une ouverture suffisamment rétrécie, le problème des deux foyers se trouverait résolu, et l'on n'aurait plus à s'occuper de la question relative à leur coïncidence ou à leur séparation. Le travail de l'opticien se trouverait singulièrement simplifié, et il n'aurait pas à faire les frais d'une grande habileté pour produire des objectifs capables de répondre aux exigences de la photographie. Mais le cas est bien différent quand il s'agit de faire le portrait. Pour cette opération, on a besoin de la plus grande rapidité, et comme la puissance des objectifs est en raison de leur surface pour un foyer donné, il faut que l'opticien trouve les courbures qui permettent d'employer les plus grandes ouvertures. C'est alors que se manifestent au plus haut degré les différences entre les deux foyers et leurs constantes variations.

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.